

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra strojírenské technologie

Návrh technologie výroby domku ložiska

Production Technology Proposal of Bearing body

Student:

Vojtěch Bordovský

Vedoucí bakalářské práce:

Doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student:

Vojtěch Bordovský

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Návrh technologie výroby domku ložiska
Production Technology Proposal of Bearing Body

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Technologie soustružení a frézování.
3. Návrh technologie výroby domku.
4. Návrh vhodných strojů a nástrojů.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry

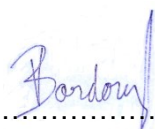


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.5.2013


.....

podpis studenta

Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo
- беру на ве́доміі, же Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 ods.3)
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu o oprávnění užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovémto případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)
- беру на ве́доміі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20.5.2013


.....
podpis

Vojtěch Bordovský

Neplachovice, Cihelní 212

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Robertu Čepovi, Ph.D. za cenné rady a čas, který mi byl věnován. Také bych rád poděkoval firmě Nimax s.r.o. za poskytnuté informace.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BORDOVSKÝ, V. *Návrh technologie výroby domku ložiska: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2013, 41 s. Vedoucí práce: Čep, R.

Bakalářská práce se zabývá návrhem vhodné technologie výroby domku ložiska. Tato součást slouží jako těleso ložiska pro výrobu armatur. K výrobě jsou použity moderní nástroje firmy Seco Tools s.r.o. Proces obrábění byl nasimulován v programu Mastercam X6. Tyto simulace slouží k získání strojních časů, díky kterým je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení. Výrobní výkres součásti je zařazen do přílohy bakalářské práce.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

BORDOVSKÝ, V. *Production Technology Proposal of Bearing body : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2013, 41 p. Thesis head: Čep, R.

Bachelor thesis is dealing with design of appropriate technology of manufacturing Bearing body. This component serves as the bearing for the production of valves. The production uses modern tools Seco Tools Company s.r.o. Machining process was simulated in Mastercam X6. These simulations are used to get the machine time, which makes a techno-economic evaluation. Production drawing component is included in appendix thesis.

Obsah

1.	Úvod do problematiky	12
1.1	Charakteristika polotovaru.....	12
1.2	Vlastnosti materiálu	13
2.	Technologie soustružení a frézování	14
2.1	Technologie soustružení.....	14
2.1.1	Podstata metody.....	14
2.1.2	Řezné podmínky.....	15
2.1.3	Síly při soustružení	16
2.2	Technologie frézování	17
2.2.1	Podstata metody.....	17
2.2.2	Řezné podmínky.....	18
2.2.3	Síly působící při frézování.....	19
3.	Návrh technologie výroby ložiskových domků	20
3.1	Operace 1 - čištění povrchu.....	20
3.2	Operace 2 - zarovnání plochy	20
3.3	Operace 3 obrobení čel	21
3.4	Operace 4 - frézování dle programu	22
3.5	Operace 5 - obrábění děr a závitů	23
3.6	Operace 6 - frézování úkosů.....	24
4.	Návrh vhodných strojů a nástrojů	25
4.1	Návrh vhodných strojů.....	25
4.2	Návrh vhodných nástrojů.....	27
4.2.1	Nástroje pro čelní frézování	28
4.2.2	Nástroj pro boční úběry	28
4.2.3	Fréza pro sražení hran	29
4.2.4	Vyvrťovací hlava	30
4.2.5	Vrtáky	30
4.3.6	Závitování.....	31

4.3 Návrh vhodných upínacích prvků	32
4.3.1 Přípravek pro vrtání děr	32
4.3.1 Přípravek obrábění úkosů	33
4.3.3. Modulární svěrák	33
5. Technicko-ekonomické zhodnocení	34
5.1 Přibližná cena použitých přípravků	34
5.1.1 Cena přípravku na vrtání děr	34
5.1.2 Cena přípravku na frézování úkosů	35
5.1.3 Shrnutí nákladů na přípravky	36
5.2 Výpočet přibližné ceny výrobku	36
6. Závěr	38
Seznam použité literatury.	39
Seznam příloh	41

Seznam zkratek

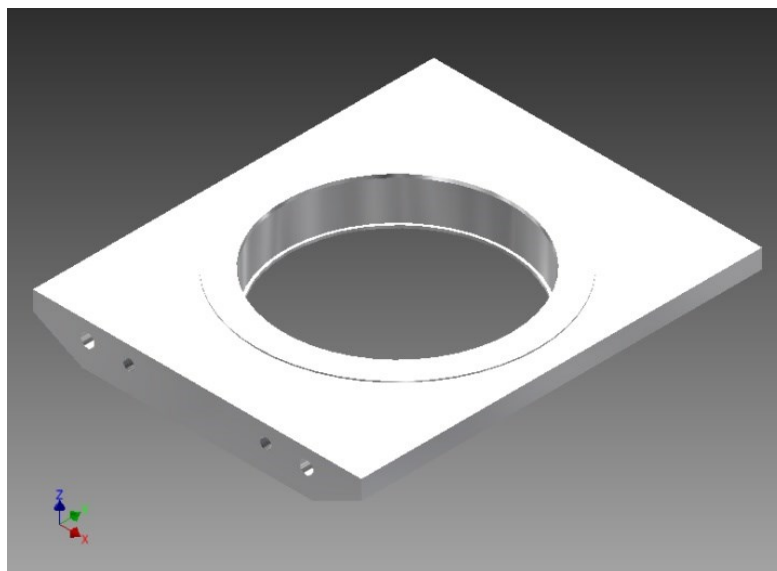
Zkratka	Popis	Jednotka
R_{eh}	Mez kluzu v tahu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
A_5	Tažnost	[-]
KV	Vrubová houževnatost	[-]
HB	Tvrdost podle Brinella	[HB]
v_c	Řezná rychlost	[m·mm ⁻¹]
n	Počet Otáček	[min ⁻¹]
D	Průměr obráběné plochy	[mm]
f	Posuv na otáčku	[mm]
v_f	Rychlost posuvu	[mm·min ⁻¹]
a_p	Tloušťka obrobené vrstvy	[mm]
d	Průměr obrobené plochy	[mm]
L	Délka obráběné plochy	[mm]
l	Délka obrobené plochy	[mm]
F_c	Řezná složka síly obrábění	[N]
F_f	Posuvová složka síly	[N]
F_p	Pasivní složka síly	[N]
C_{Fc}	Materiálová konstanta	[-]
C_{Fp}	Materiálová konstanta	[-]
C_{Ff}	Materiálová konstanta	[-]
X_{Fc}	Exponent vlivu a_p	[-]
X_{Fp}	Exponent vlivu a_p	[-]

X_{Ff}	Exponent vlivu a_p	[-]
y_{Fc}	Exponent vlivu f	[-]
y_{Fp}	Exponent vlivu f	[-]
y_{Ff}	Exponent vlivu f	[-]
F	Výsledná síla při obrábění	[N]
D	Průměr nástroje	[mm]
f_{min}	Posuv za minutu	[mm·min ⁻¹]
v_f	Posuvová rychlost	[mm·min ⁻¹]
f_z	Posuv na zub	[mm]
f_n	Posuv na otáčku	[mm·ot ⁻¹]
z	Počet zubů frézy	[-]
F_i	Celková síla řezání	[N]
F_{ci}	Řezná složka	[N]
F_{cNi}	Kolmá řezná složka síly řezání	[N]
F_{fi}	Posuvová složka síly řezání	[N]
F_{fNi}	Kolmá posuvová složka síly řezání	[N]
k_{ci}	Měrná řezná síla	[MPa]
A_{di}	Průřez třísky	[mm]
C_{Fc}	Konstanta vlivu obráběného materiálu	[-]
X	Exponent vyjadřující vliv tloušťky třísky	[-]
t	Čas obrábění	[min]
t_x	Čas x-té operace	[min]
T	Čas obrábění celého kusu	[min]
N_x	Náklady na x-tou operace	[Kč]

N_p	Náklady na výrobu přípravků	[Kč]
N_c	Náklady na výrobu jednoho kusu	[Kč]
C	Prodejní cena	[Kč]
p	Provize podniku na jeden kus	[Kč]
m	Přídavek na opotřebení nástrojů na jeden kus	[Kč]

1. Úvod do problematiky

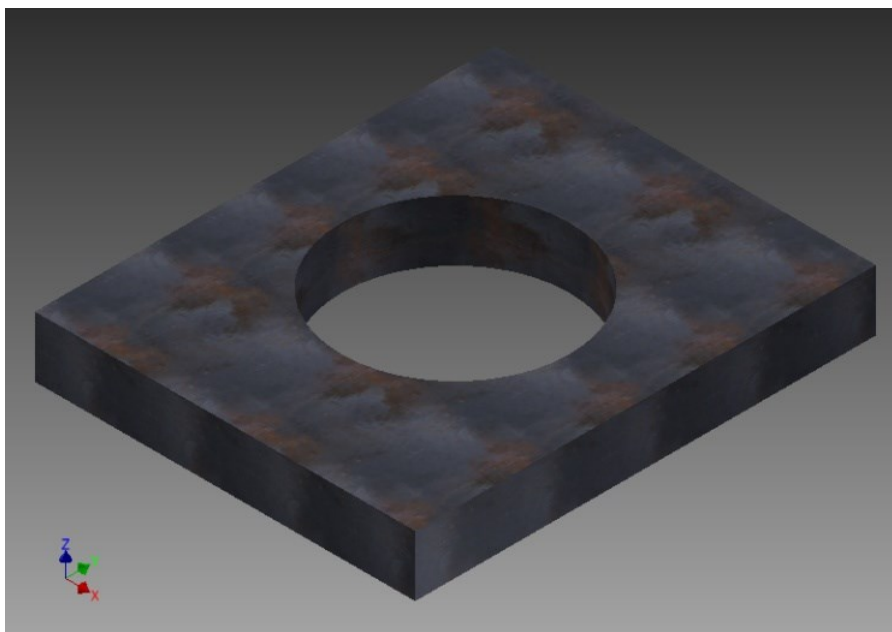
Zadaná součást slouží pro výrobu armatur jako těleso ložiska. Je tedy velmi důležité dodržet zadané rozměrové tolerance, geometrické tolerance a také předepsané drsnosti povrchu. V tomto směru bude hlavní dodržet rozměr díry 165H7, do které bude vsazeno ložisko. Ze strany zákazníka je neustálý tlak na snižování ceny. Kvalifikovaná obsluha strojů je dnes drahá, na trhu práce je jí nedostatek, a omezení výdajů na platy tak bývá nemožné. Tyto skutečnosti nutí ke zvedání objemu výroby a s tím spojené zkracování výrobních časů. Jsou vyvíjeny stále nové nástroje, které umožňují použití vyšších řezných rychlostí. Pro strojírenské firmy je důležité používat nejmodernější technologie a držet tak krok s konkurencí. Právě tato skutečnost vede k použití takového postupu, který zajistí co nejkratší výrobní čas a tím i nižší cenu tohoto výrobku, přinese firmě zisk, a vzhledem k přesnostem, minimalizuje zmetkovitost. Pro výstupní kontrolu bude také nutné použít širokou škálu měřidel a kalibrů.



Obrázek 1.1 Domek ložiska

1.1 Charakteristika polotovaru

Daná součást je vyrobena z oceli 11 523.1. Rozměry polotovaru jsou 305x250x40 mm s dírou o průměru 150 mm a jeho hmotnost je asi 18,4 kg. Hotový výrobek má hmotnost 10,6 kg. Hmotnost odebraného materiálu je velká, a proto je nutné s ní počítat při stanovení ceny. Odebraný materiál se prodává za cenu železného šrotu. Tato ocel je nelegovaná, ukladná, jemnozrnná konstrukční ocel se zaručenou svařitelností. Tato ocel je vhodná pro svařované konstrukce a strojní součásti s vyšší mezí kluzu, staticky i dynamicky namáhané. Používá se na ohýbané profily, svařované trubkové konstrukce, součásti strojů a také na výrobu tlakových nádob. [4], [5]



Obrázek 1.2 Polotovár

1.2 Vlastnosti materiálu

V této kapitole popíšu chemické a mechanické vlastnosti obráběného materiálu. Tento materiál má označení 11 523.1 a podle normy ČSN 41 1523 má chemické složení popsané v tabulce číslo 1. Jeho základní mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 2. Podle normy ČSN 42 0010 se tato ocel označuje barvami černá a zelená. [4], [5]

Tabulka 1 Chemické složení [4]

	C	Mn	Si	P	S	N
Max [%]	0,20	1,10	0,55	0,04	0,04	0,009
Dov. úchyly[%]	+0,03	+0,1	+0,05	+0,01	+0,01	+0,002

Tabulka 2 Základní mechanické vlastnosti [4]

	Do tl. 40 mm	40 – 60 mm
R_{eh} [MPa]	345	335
R_m [MPa]	490 -630	
A_5	21	
KV při 0°C	27	
HB	219	214

Doplňková číslice 1 říká, že materiál je normalizačně žíhaný. Materiál je pro frézování, vrtání, vystružování a řezání závitů řazen do třídy obrobiteľnosti 14b. [4], [12]

2. Technologie soustružení a frézování

Hlavní rozdíl mezi technologií soustružení a frézování je ten, že u soustružení koná hlavní řezný pohyb obrobek, kdežto u frézování nástroj. U obou metod je hlavní řezný pohyb rotační.

2.1 Technologie soustružení

Metodu soustružení lze stručně charakterizovat jako obrábění rotačních ploch. Dá se říct, že je to nejjednodušší metoda obrábění. Také platí, že je to metoda velmi rozšířená a neustále se vyvíjející. Vyrábí se součásti válcového, kuželového a také kulového tvaru. Kromě jiného lze také soustružit závit, obrábět díry atd. Tato metoda je po vrtání nejstarší obráběcí operace. Velká část obráběcích operací se dnes provádí na soustruzích, a to hlavně z důvodů, že většina strojních součástí je rotačního tvaru. [1], [2], [3]

2.1.1 Podstata metody

K vlastnímu obrábění dochází díky řezné části nástroje s definovanou geometrií. Přebytečný materiál je odřezáván od obrobku ve formě třísky. Nástroj musí být tvrdší než materiál. Na konci obrábění musí mít obrobek požadovaný rozměr, tvar a také drsnost povrchu. [1], [2], [3]

Hlavní řezný pohyb je u soustružení rotační a koná ho obrobek. Označuje se v_c . Vedlejší, také posuvový, pohyb koná nástroj a označuje se v_f . To jsou podélný a příčný posuv. Podélný posuv je rovnoběžný s osou obrobku a jeho výsledkem je válcová plocha, příčný posuv je kolmý na osu obrobku a jeho výsledkem je čelní rovinná plocha. Kombinací těchto dvou posuvů vzniká obecná rotační plocha. Nástroj koná také příisuv, kterým se nastavuje hloubka řezu. [1], [2], [3]



Obrázek 2.1 Soustružení [14]

2.1.2 Řezné podmínky

Při volbě řezných podmínek se obvykle vychází ze vstupních parametrů (druh obráběného materiálu, materiál nástroje, chlazení), ale také z požadovaných vlastností obrobku (jakost obrobené plochy, rozměrová přesnost, tvarová přesnost apod.). Jde tedy o stanovení řezné rychlosti v_c , posuvu f , a také o velikost hloubky řezu a_p . Výrobce nástrojů dodá katalog, díky kterému pro požadovanou trvanlivost nástroje stanovíme řezné podmínky. [1], [2], [3]

Řezná rychlost v_c při soustružení je dána jako obvodová rychlost obrobku. Pro různé kombinace materiálu nástrojů a obrobku se používá také různých řezných rychlostí. Bývají zpravidla v rozsahu od $5 \text{ m}\cdot\text{mm}^{-1}$ do $1000 \text{ m}\cdot\text{mm}^{-1}$. Pro výpočet této hodnoty můžeme použít vztah: [1], [2], [3]

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.1)$$

D – průměr obráběné plochy [mm]

n – počet otáček [min^{-1}]

Posuv f při soustružení je dráha, kterou vykoná nástroj za jednu otáčku obrobku. Volba velikosti posuvu závisí na požadované jakosti obrobené plochy. Posuvy se obvykle volí pro hrubování 0,4 až 3,5 mm, při obrábění načisto 0,06 až 0,3 mm a pro jemné soustružení je to hodnota 0,03 až 0,05 mm. Při stanovení velikosti posuvu v závislosti na otáčkách vřetene se postupuje následovně: [1], [2], [3]

$$v_f = f \cdot n \quad (2.2)$$

f = posuv na otáčku [mm]

n = počet otáček [min^{-1}]

Tloušťka obrobené vrstvy a_p se pohybuje v rozmezí několika desetin milimetru až po několik milimetrů. Tato hodnota je dána také tím, o jaké soustružení jde, hrubování nebo dokončování. Je omezena délkou ostří nože. Velikost a_p je dána vztahem: [1], [2], [3]

- Pro podélné soustružení:

$$a_p = 0,5 \cdot (D - d) \quad (2.3)$$

D – průměr obráběné plochy [mm]

d – průměr obrobené plochy [mm]

- Pro čelní soustružení:

$$a_p = L - l \quad (2.4)$$

L – délka obráběné plochy [mm]

l – délka obrobené plochy [mm]

2.1.3 Síly při soustružení

Řezné síly mají na proces obrábění velký vliv. Jejich velikost je nutné znát z důvodu kontroly zatížení nástroje. Velikost hlavní složky řezné síly F_c se často počítá za pomoci měrného řezného odporu z následujícího vztahu: [1], [2], [3]

$$F_c = p \cdot S \quad (2.5)$$

S – průřez třísky [mm]

Celková síla vznikající při obrábění F_e se dělí do tří složek. Jsou to řezná složka síly obrábění F_c , posuvová složka síly F_f a pasivní složka síly F_p . Tyto složky lze pro podélné soustružení spočítat z experimentálně zjištěných vztahů: [1], [2], [3]

$$F_c = C_{F_c} \cdot a_p^{x_{F_c}} \cdot f^{y_{F_c}} \quad (2.6)$$

$$F_f = C_{F_f} \cdot a_p^{x_{F_f}} \cdot f^{y_{F_f}} \quad (2.7)$$

$$F_p = C_{F_p} \cdot a_p^{x_{F_p}} \cdot f^{y_{F_p}} \quad (2.8)$$

$C_{F_c}, C_{F_p}, C_{F_f}$ – materiálové konstanty [-]

$X_{F_c}, X_{F_p}, X_{F_f}$ – exponenty vlivu a_p [-]

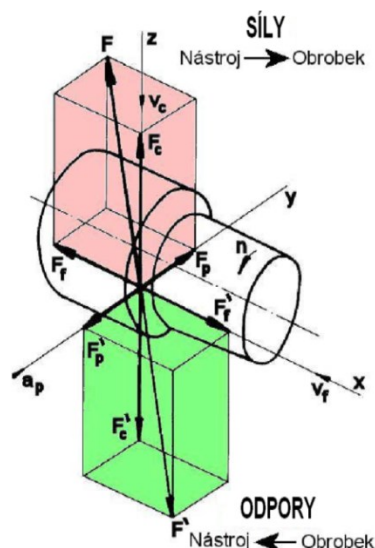
$y_{F_c}, y_{F_p}, y_{F_f}$ – exponenty vlivu f [-]

a_p – tloušťka obráběné vrstvy [mm]

f – posuv na otáčku [mm]

Exponenty a konstanty, které jsou použity v předešlých vztazích, jsou zjištěny experimentálně. Dohledávají se v tabulkách. Z obrázku 2.2 je patrné, že výsledná síla při obrábění je dána rovnicí: [1], [2], [3]

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2} \quad (2.9)$$



Obrázek 2.2 Síly při obrábění [3]

2.2 Technologie frézování

2.2.1 Podstata metody

Technologie frézování je další hojně rozšířená metoda. Oproti soustružení probíhá vlastní obrábění většinou vícebřitým nástrojem. Používá se především pro svou vysokou výkonnost v kombinaci s vysokou kvalitou obrábění a možností obrábět i tvarově složité výrobky. Frézují se rovinné, vnitřní nebo vnější tvarové, rotační plochy, také se používá pro obrábění různých drážek a závitů. [1], [2], [3], [6]

Frézování je uskutečňováno dvěma na sebe vázanými pohyby. Hlavní řezný pohyb je rotační a koná ho nástroj, obrobek koná posuvný pohyb (přímý, otáčivý nebo obecný pohyb po prostorové křivce). U dnešních strojů se dá posuv realizovat v několika směrech současně. Stroje, které tuto možnost nabízejí, se nazývají CNC obráběcí centra. Přebytný materiál odebírají břity nástroje ve formě třísky. Proces řezání je přerušovaný a nástroj odebírá třísku proměnlivého průřezu. [1], [2], [3], [6]

Frézování se dělí podle následujících hledisek:

- podle vzájemné polohy osy nástroje a obrobku:
 - a) frézování obvodem válcové frézy: osa nástroje je s obráběnou plochou rovnoběžná
 - b) frézování čelem čelní frézy: osa nástroje je kolmá na obráběnou plochu
- podle vzájemného smyslu otáčení frézy a směru posuvu obrobku:
 - a) sousledné
 - b) nesousledné

Z odvození předešlých základních dělení se dají odvodit také způsoby jako okružní, planetové. [3]

2.2.2 Řezné podmínky

Také u frézování je celá řada pojmů, které souhrnně nazýváme řezné podmínky, které rozhodují o výsledku obrábění. Pojmy jako otáčky, řezná rychlost a posuv ovlivňují jak jakost výsledného povrchu, tak trvanlivost nástroje a jsou zásadní pro hospodárné obrábění. [2], [3]

Otáčky vřetene se dají jednoduše vysvětlit jako počet otáček vřetena za minutu. Značíme písmenem n (1/min). Tato hodnota však vypovídá jen málo o tom, co se děje na obvodu frézy. [2]

Řezná rychlost, která se pro zjednodušení rovná obvodové rychlosti, jasně vypovídá o tom, jakou rychlost koná břit nástroje. Jedná se o velmi důležitou veličinu, která se vztahuje k nástroji a její správná volba zajišťuje, že obrábění probíhá hospodárně a účinně. Dá se vypočítat z následujícího vztahu: [2], [3]

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.10)$$

D – průměr nástroje [mm]

n – počet otáček [min^{-1}]

U frézování také vyčíslujeme několik hodnot posuvů. Jde o posuv za minutu f_{min} , respektive posuvová rychlost v_f . Tato hodnota se rovná relativní rychlosti mezi osou nástroje a obrobkem. Při výpočtu vycházíme ze vztahu: [2], [3]

$$v_f = f_n \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \quad (2.11)$$

$$f_n = f_z \cdot z \quad (2.12)$$

f_z – posuv na zub [mm]

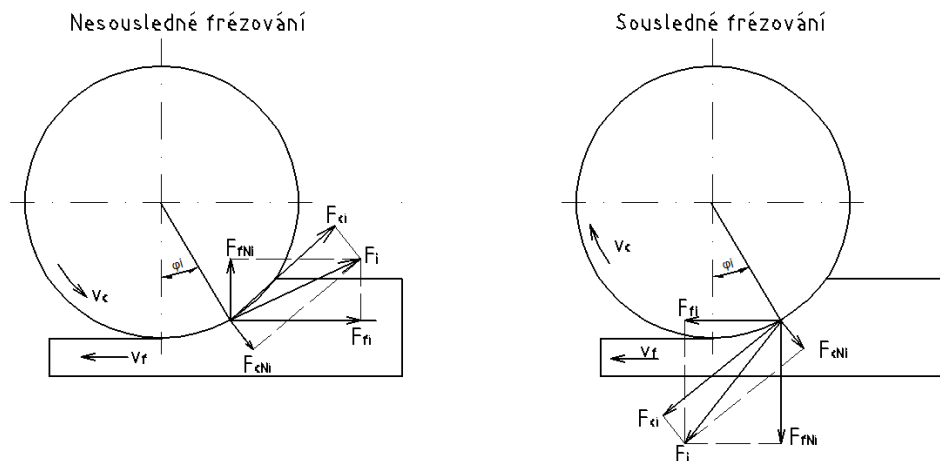
f_n – posuv na otáčku [$\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$]

z – počet zubů frézy [-]

Posuv na otáčku f_n je pomocnou veličinou, je to délka dráhy, kterou nástroj urazil za jednu otáčku. Také určuje, jakou schopnost má daná fréza obrábět načisto. Výpočet je dán rovnicí 2.2. Posuv na zub f_z je u frézování naprosto klíčový. Je to hodnota, která odpovídá dráze obrobku za jednu otáčku, která je podělena počtem zubů nástroje. Pomocí této hodnoty se zajišťuje, aby každý zub obráběl v co nejlepších podmínkách. [2], [3]

2.2.3 Síly působící při frézování

Při řešení sil působících při frézování vycházíme ze silových poměrů na jednom břitu. Břit je posunut o úhel φ_i . Celkovou sílu řezání působící na břit, značíme F_i . Tato síla se rozkládá do dvou složek. Jsou to složky F_{ci} , F_{cNi} a F_{fi} , F_{fNi} . [3]



Obrázek 2.3 Rozklad sil

F_i – celková síla řezání

F_{ci} – řezná složka

F_{cNi} – kolmá řezná složka síly řezání

F_{fi} – posuvová složka síly řezání

F_{fNi} – kolmá posuvová složka síly řezání

Řezná složka síly F_{ci} je ovlivňována měrnou řeznou silou k_{ci} a průřezem třísky A_{di} a vypočítá se dle následujícího vztahu:

$$F_{ci} = k_{ci} \cdot A_{Di} = k_{ci} \cdot a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i \quad (2.13)$$

Dále je měrná řezná síla k_{ci} dána vztahem:

$$k_{ci} = \frac{C_{Fc}}{h_t^{1-x}} = \frac{C_{Fc}}{(f_z \cdot \sin \varphi_i)^{1-x}} \quad (2.14)$$

C_{Fc} – konstanta vlivu obráběného materiálu [-]

X – exponent vyjadřující vliv tloušťky třísky [-]

Ze vztahů 2.3 a 2.4 vyplyne následující vztah pro řeznou složku síly F_{ci} :

$$F_{ci} = C_{Fc} \cdot a_p \cdot f_z^x \cdot \sin^x \varphi_i \quad (2.15)$$

3. Návrh technologie výroby ložiskových domků

Při vlastním návrhu technologie musíme vycházet ze skutečnosti, že počet vyráběných kusů se bude pohybovat okolo hodnoty 1000 kusů ročně. Tento výrobek je vyráběn v různých velikostech a variacích. Většina operací však bude velmi podobná na všech druzích. Strojní časy, použité pro výpočet ceny, vycházejí ze simulací provedených v programu Mastercam X6.

3.1 Operace 1 - čištění povrchu

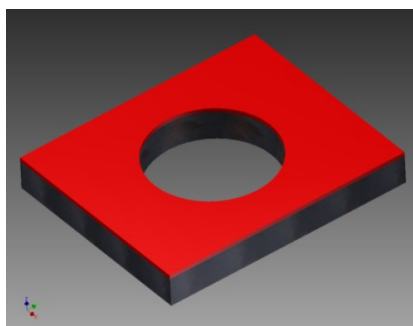
Před vlastním obráběním je nutné mechanicky očistit povrch od okují, otřepů a různých nečistot rotační kotoučovou bruskou. A to z důvodu dobrého dosednutí obrobku do svěráku. Takto očistit stačí pouze jednu stranu. Druhá se bude frézovat. Na tuto bude vyhrazena jedna minuta.

3.2 Operace 2 - zarovnání plochy

Nyní proběhne operace na vertikálním frézovacím centru ZPS mcfv 2080 nt. Součást bude upnuta do modulárního svěráku. Bude odebrána vrstva 5 milimetrů. K této operaci použijeme nástroj firmy Seco R220.43 – 8160-07W. Po obrábění je nutné důkladně zbavit obrobek otřepů. Doba potřebná k obrobení jednoho kusu by neměla být delší než 3 minuty a 15 sekund.

Tabulka 3 Operace 2

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	V_c [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_z [mm/zub]
2.1	Upnout	Modulární svěrák	0m30s	-	-	-
2.2	Frézovat hl. 5mm	R220.43 – 8160-07W	1m45s	304	606	0,15
2.3	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1m	-	-	-



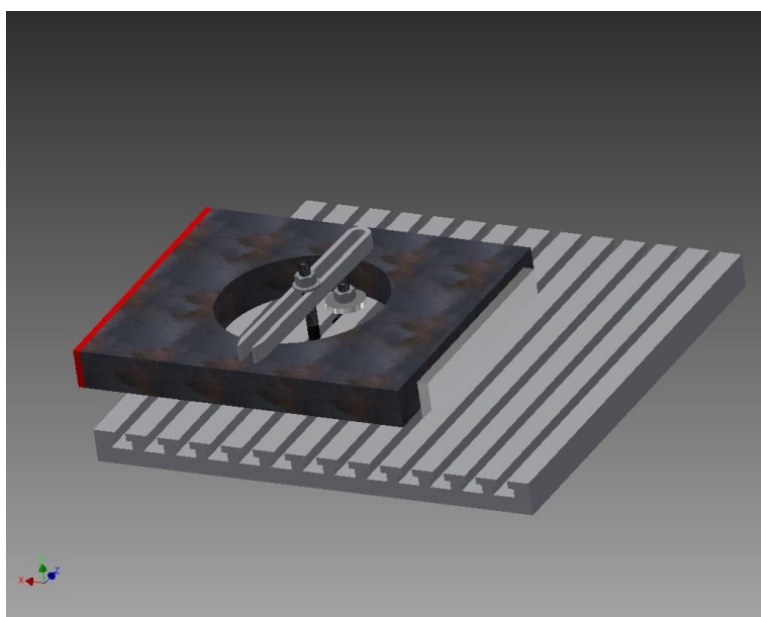
Obrázek 3.1 Druhá operace

3.3 Operace 3 obrobení čel

V tomto kroku bude na horizontální vyvrtávačce WH 10 obroben rozměr 293 $\pm 0,05$ mm. Hloubka obrobené plochy je 6 mm, na obrázku znázorněna červeně, z důvodu udržení vypálené díry ve středu obrobku. Princip upnutí je takový, že obrobek se přirazí k dorazu a k broušené podložce. Poté je výrobek přitáhnut přidržovačem a doklepne se. K obrábění použijeme nástroj Quattromill R220.53-0063-15-5A, který je popsán v další kapitole. Celá operace by pro jeden kus neměla přesáhnout čtyři minuty. Pro zrychlení výroby bude lepší, když pracovník nastaví stroj na obrábění jedné strany a obrobí všechny kusy. A poté nastaví stroj na obrábění druhé strany. Nebude tedy muset po každém kusu zdlouhavě seřizovat stroj. Po obrábění pracovník musí obrobek zbavit otřepů a zkontrolovat rozměr 293 $\pm 0,05$ mm, který je nutné dodržet.

Tabulka 4 Operace 3

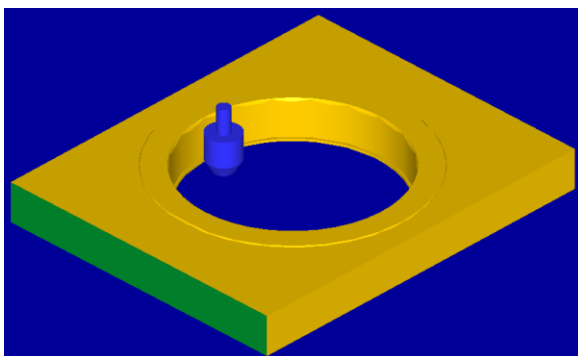
Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	v_c [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_z [mm/zub]
3.1	Upnout na doraz		0,5	-	-	-
3.2	Frézovat hl. 6 mm	R220.53-0063-12-5A	0,5	276	1395	0,14
3.3	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1	-	-	-
3.4	Otočit obrobek a upnout na doraz		0,5	-	-	-
3.5	Frézovat na rozměr 293-0,05	R220.53-0063-12-5A	0,5	276	1395	0,14
3.6	Uvolnit a zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1	-	-	-



Obrázek 3.2 Operace 3

3.4 Operace 4 - frézování dle programu

Nyní použijeme stroj ZPS ncfv 2080 nt. Součást bude upnuta do modulárního svěráku, který je popsán v další kapitole. Čas této operace byl stanoven programem Mastercam X6 a jeho hodnota je 11 minut a 12 sekund. Do tohoto času je nutné také započítat čas nutný pro výměnu nástrojů. Odhaduji, že výměna každého nástroje bude trvat v průměru 15 sekund. V této operaci proběhne výměna celkem šestkrát. Celkový čas operace bude 12 minut a 42 sekund. Po vlastním obrábění je nutná kontrola díry průměru 165 H7 kalibrem.



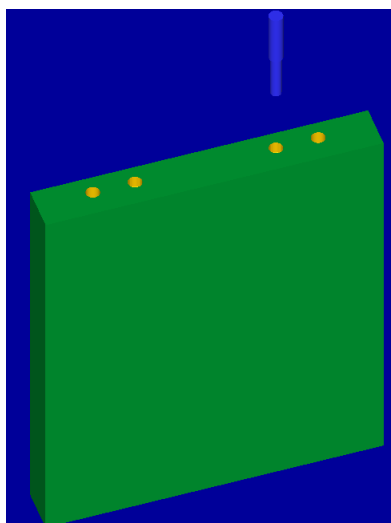
Obrázek 3.3 Simulace v programu Mastercam X6

Tabulka 5 operace 4

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	v_c [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_z [mm/zub]
4.1	Upnout do svěráku	Modulární svěrák	0m30s	-	-	-
4.2	Frézovat na plochu na rozměr 32,5 mm	R220.43 – 8160-07W	1m38s	308	614	0,15
4.3	Frézovat na rozměr 240 mm	R220.69- 0080050- 15.4HA	2m16s	378	1506	0,47
4.4	Obrobit díru na $\phi 161^{+0,5}_{-0,1}$	R220.69- 0080050- 15.4HA	2m23s	378	1506	0,47
4.5	Hrubovat díru na průměr 164,5mm	R220.69- 0080050- 15.4HA	0m51s	378	1506	0,47
4.6	Frézovat plochu po průměr 205	R220.43 – 8160-07W	1m23s	326	649	0,15
4.7	Frézovat průměr 205 frézou do rohu	R220.69- 0080050- 15.4HA	0m18s	378	1506	0,47
4.8	Obrobit díru na průměr 165H7	A780 70	0m37s	250	458	0,2
4.9	Srazit hranu	R217.49- 1216.RE- XO12- 60.2A	0m16s	335	2000	0,25
4.10	Uvolnit ze svěráku, srazit hrany	Rotační kotoučová	1	-	-	-

3.5 Operace 5 - obrábění děr a závitů

Další operace proběhne na stroji Strojtos vmc 50. Toto přemístění bylo zvoleno z důvodu zrychlení výroby. Předchozí operace nadále bude probíhat na stroji ZPS msfc 2080 nt. Pro tuto operaci bude použit přípravek, který zajistí rychlé a spolehlivé upínání obrobku. Ze simulací v programu Mastercam X6 vyplynula doba obrábění, ke které je nutné přičíst čas potřebný k upnutí, otočení a odjehlení obrobku. Tato doba je 3 minuty a 30 sekund. K této době byl opět přičten čas potřebný k výměně nástrojů. Výměna nástrojů opět proběhne celkem šestkrát. Výsledný čas obrábění tedy bude 4 minuty.



Obrázek 3.4 Simulace v programu Mastercam X6

Tabulka 6 Operace 5

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	V _c [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm/ot]
5.1	Upnout do přípravku		0,5	-	-	-
5.2	Vrtat 2x ϕ 10H8	SD203-10.0-31-10R1	0m8s	130	4138	0,3
5.3	Vrtat 2x ϕ 8,5 mm	SD203A-C45-8.5-14.25-10R1	0m7	130	4868	0,25
5.4	Frézovat závit 2xM10-6H	TM-M10X1.5ISO-10R5	0m34s	100		0,009
5.5	Uvolnit obrobek		0m30s	-	-	-
5.6	Otočit a upnout obrobek		1m	-	-	-
5.7	Vrtat 2x ϕ 10H8	SD203-10.0-31-10R1	0m8s	130	4138	0,3
5.8	Vrtat 2x ϕ 8,5 mm	SD203A-C45-8.5-14.25-10R1	0m7s	130	4868	0,25
5.9	Frézovat závit 2xM10-6H	TM-M10X1.5ISO-10R5	0m34s	100		0,009
5.10	Uvolnit obrobek		0m30s	-	-	-

3.6 Operace 6 - frézování úkosů

Zbývá poslední operace, kterou je frézování úkosů. Pro zrychlení výroby je zde použit přípravek pro upínání. Tato operace bude provedena na stroji FCH 63 SCA. Není zde vyžadována velká přesnost a tento stroj bude použit z důvodu jeho malé vytíženosti. Bude tedy lepší tuto operaci udělat zde a nezatěžovat tak více vytížené stroje. Tato operace zde sice nebude probíhat tak rychle jako na moderních obráběcích centrech, a to z důvodu manuálního nastavování hloubek úběrů, ale není nutná tak kvalifikovaná obsluha. Celková doba obrábění by neměla přesáhnout hodnotu 7 minut a 30 sekund.

Tabulka 7 Operace 6

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	V_c [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	F_z [mm/zub]
6.1	Upnout obrobek		0m30s	-	-	-
6.2	Frézovat úkos 26°	R220.53-0063-12-5A	2m30s	276	1395	0,14
6.3	Uvolnit obrobek		0m30s	-	-	-
6.4	Otočit obrobek a upnout		0m30s	-	-	-
6.5	Frézovat úkos 26°	R220.53-0063-12-5A	2m30s	276	1395	0,14
6.6	Uvolnit obrobek a zbavit otřepů		1m	-	-	-

4. Návrh vhodných strojů a nástrojů

4.1 Návrh vhodných strojů

Při návrhu vhodných strojů jsem byl limitován možnostmi firmy. Vyráběné množství není tak velké, aby se vyplatilo pořídit jeden nebo i více nových strojů. V této kapitole proto popíšu stroje, které by se mohly podílet na výrobě. Jsou to dvě tříosá vertikální obráběcí centra, jedna horizontální vyvrtávačka a jedna frézka.

- VMC 50

Toto vertikální frézovací centrum vyrobila firma Strojtos s.r.o. Je řízeno systémem HEIDENHAIN TNTC 530 i. Upínací plocha stolu je velikosti 500 x 1000 mm. Pojezd v ose x činí 1000 mm a v osách y a z je to hodnota 500 mm. Maximální otáčky vřetene jsou $10\,000\text{ min}^{-1}$. Tento stroj má hmotnost 5200 kg. Nevýhodou je chybějící dopravník třísek. Obsluha je tedy nucena třísky zdlouhavě vybírat, a tím vzniká ztrátový čas, který firmě nepřináší zisk.



Obrázek 4.1 VMC 50 [15]

- **ZPS mcfv 2080 nt**

Tento stroj vyrobila firma TAJMAC-ZPS, a.s. Řídicí systém je Heidenhain TNC 426. Upínací plocha stolu je 2200 x 780 mm. Pojezd v ose x činí 2000 mm a v osách y a z je to hodnota 800 mm. Výkon stroje je 17 kW, maximální otáčky jsou 6000 min^{-1} . Zásobník nástrojů má 32 pozic. Tento nástroj má dopravník třísek. Odpadá tedy problém s časově náročným čištěním stroje.



Obrázek 4.2 ZSP mcfv 2080 nt [16]

- **Horizontální vyvrtávačka WH 10**

Tuto horizontální vyvrtávačku vyrobila firma TOS Varnsdorf a je vybavena digitálním odměřováním. Rozsah otáček pracovního vřetena je $16 - 1250 \text{ min}^{-1}$. Vysunutí pracovního vřetena (v ose Z) je 630 mm, přestavení vřeteníku (osa Y) 900 mm, příčné přestavení stolu (osa X) 1250 mm a podélné přestavení stolu (osa w) 1000 mm. Upínací plocha stolu je 1000 x 1250 mm. Výkon elektromotoru je 20 kW při 2800 min^{-1} . Hmotnost stroje je 13 400 kg.



Obrázek 4.3 Horizontální vyvrtávačka WH 10 [17]

- Frézka FCH 63 SCA

Tento stroj vyrobila v roce 1983 firma TOS Kuřim a je dostačující pro použití u poslední operace. Jeho výhodou je, že nepožaduje vysoce kvalifikovanou obsluhu.



Obrázek 4.4 Frézka [18]

4.2 Návrh vhodných nástrojů

Nástroje vybírám od firmy Secotools. Pro stanovení řezných podmínek použiji program firmy Seco. Tento program se jmenuje Secocut a je zdarma ke stažení na internetových stránkách firmy Seco. Pomocí tohoto programu zvolím držák a optimální vyměnitelnou břitovou destičku.

Feed/Tooth (mm/tooth)	he (mm)	Cutt speed (m/min)	Feed speed (mm/min)	RPM	Power (kW)	Torq (Nm)
0,10	0,06	341	675	679	21,8	281,8
0,15	0,09	365	904	696	26,4	355,1
0,22	0,13	272	1 165	541	31,1	468,4
0,30	0,18	243	1 445	484	35,5	598,6
0,38	0,22	223	1 689	443	39,1	720,3

Cutter: R220.43-8160-07W
 Engagement angle: 97,2 deg
 Kappa: 43,0 deg
 Working diameter: 170,72 mm

Obrázek 4.5 Program SecoCut [7]

4.2.1 Nástroje pro čelní frézování

Pro čelní frézování volím nástroj R220.43 – 8160-07W. Jedná se o všestrannou čelní frézu pro různé typy frézovacích operací. Tato fréza je použitelná pro všechny druhy materiálu. Výměnné břitové destičky volím OFEN070405TN-D18, třídy MP2500. Jedná se o třídu povlakovanou technologií CVD. Je to základní třída pro frézování oceli. Maximální hloubka třísky je 5 mm. Parametry frézy jsou uvedeny v tabulce. Uvedené parametry jsou pro tloušťku třísky 5 mm. V operacích, kde je tímto nástrojem odebírána menší tloušťka třísky, se mohou řezné podmínky lišit. [8]



Obrázek 4.6 Čelní fréza [7]

Tabulka 8 Parametry frézy [7]

Průměr	Počet zubů	f_z [mm/zub]	v_c [m/min]	Otáčky [min^{-1}]	Posuv [m/min]
160 mm	10	0,15	305	606	904

Pro operaci 3, frézování čela, volím frézu Quattromill R220.53-0063-12-5A. Jde o frézu s lehkým řezem pro smíšenou výrobu ve všech druzích materiálu. Fréza má průměr 63 mm a maximální hloubku třísky $a_p = 6$ mm. [8]



Obrázek 4.7 Fréza Quattromill [8]

Tabulka 9 Řezné podmínky [8]

Průměr	Počet zubů	f_z [mm/zub]	v_c [m/min]	Otáčky [min^{-1}]	Posuv [m/min]
63 mm	5	0,14	276	1395	1004

4.2.2 Nástroj pro boční úběry

Volím frézu R220.69-0080050-15.4HA. Jedná se o frézu se zuby ve šroubovici, vhodnou k drážkování a konturování při vysokém posuvu. Tuto frézu použiji i pro obrábění

otvoru. Výpočet řezných podmínek byl opět proveden pomocí programu SecoCut. Pro jednotlivé oblasti použití se mohou lišit od hodnot uvedených v tab. 10. Do frézy použijí destičky typu ACMT150612TR-M14. [8]



Obrázek 4.8 Fréza se zuby ve šroubovici [8]

Tabulka 10 Parametry frézy [8]

Objednací kód	Dc[mm]	A _p [mm]	n _{max} [min ⁻¹]	Počet břitů	Počet VBD
R220.69-0080050-15.4HA	80	50	6500	5	20

Tabulka 11 Řezné podmínky [8]

Objednací kód	f _z [mm/zub]	v _c [m/min]	Otáčky [min ⁻¹]	Posuv [mm/min]
R220.69-0080050-15.4HA	0,47	378	1506	3521

4.2.3 Fréza pro sražení hran

Pro sražení hrany u díry 165H7 použijí frézu R217.49-1216.RE-XO12-60.2A. Úhel sražení je 60°. Do této frézy použijí destičky XOMX120408TR-ME08. Posuv na zub volím z intervalu 0,20 až 0,32. Tento interval volím z důvodu, že tuto frézu použijí pouze na konturování. Tato fréza má dva břity. [8]



Obrázek 4.9 Fréza pro sražení hran [8]

Tabulka 12 Řezné podmínky [8]

Objednací kód	f _z [mm/zub]	v _c [m/min]
R220.69-0080050-15.4HA	0,25	335

4.2.4 Vytvářecí hlava

Pro obrábění díry průměru 165H7 načisto použijí vytvářecí hlavu A780 70. Tato hlava má rozsah obráběných průměrů 159 – 205. Jedná se o hlavu pro jemné vytváření. Lze dosáhnout přesnosti otvorů až IT5 a jakosti povrchu Ra 0,6. Tyto hodnoty vyhovují požadavkům. Do této hlavy použijí držák A725 75. Tento držák je zobrazen na obr. 16. Použijí destičku typu CCMT09T308-F2. Řezná rychlost se volí v rozmezí 100 až 250 m/min, posuv na zub 0,1 až 0,3 mm/zub. [9]



Obrázek 4.10 Vytvářecí hlava [9]

Tabulka 13 Řezné podmínky [9]

f_z [mm/zub]	v_c [m/min]	Otáčky [min^{-1}]	Posuv [mm/min]
0,2	250	485,8	458,8

4.2.5 Vrtáky

Pro vrtání děr použijí vrtáky SecoFeedmax. Výrobce u nástrojů této řady slibuje vysoké řezné parametry, dlouhou životnost nástroje, vysokou kvalitu vyrobeného otvoru a také snížení nákladů spojené s výrobou díry. Dále také uvádí, že vrták má samostředící geometrii, a není tedy nutné navrtávání. Jde o monolitní karbidové vrtáky pro přesné tolerance díry.

Pro obrábění díry průměru 10H8 použijí vrták, který má označení SD203-10.0-31-10R1. Maximální hloubka vyrobené díry je 31 mm. Tato hodnota je dostatečná a umožňuje i možné přebroušení. Podle programu SecoCut jsou pro tento typ vrtáku dány řezné podmínky podle tab. 13. Tyto podmínky platí s vnějším přívodem chladicí kapaliny.

Tabulka 14 Řezné podmínky [9]

f [mm/ot]	v_c [m/min]	Otáčky [min^{-1}]
0,3	130	4138

Pro vrtání díry pro závit je potřeba zhotovit díru o průměru 8,5 mm. Použiji vrták Seco řady Feedmax vytvořený v programu CUSTOM DESIGN firmy Seco. Takový vrták volím proto, abych docílil sražení hrany po vrtání. Tento program vygeneroval podle mnou zadaných hodnot, jako je např. hloubka vrtání, označení SD203A-C45-8.5-14.25-10R1. Minimální množství takovýchto vrtáků k odběru jsou tři kusy. Počítám-li s tím, že se bude vyrábět minimálně 1000 kusů tohoto výrobku, a na jednom jsou čtyři díry tohoto rozměru, bude tedy celkem třeba vyrobit nejméně 4000 děr ročně. Předpokládám, že tři kusy tohoto vrtáku tuto potřebu pokryjí. [9], [11]



Obrázek 4.11 Vrták SecoFeedmax [9]

Tabulka 15 Řezné podmínky [9]

f [mm/ot]	v_c [m/min]	Otáčky [min^{-1}]
0,25	130	4868

4.3.6 Závitování

Pro vyrobení závitů M10-6H použiji závitovou frézu Threadmaster firmy Seco. Jedná se o monolitní karbidovou frézu. Tato fréza dokáže vyrobit závit se zvýšenou kvalitou. Obrábění závitů touto frézou má za cíl snížit čas, a tím i náklady spojené s výrobou závitů oproti konvenčnímu závitování. Označení frézy je TM-M10X1.5ISO-10R5. Řezné podmínky jsou uvedeny v tabulce 15.



Obrázek 3 Frézy řady Threadmaster [10]

Tabulka 16 Řezné podmínky [10]

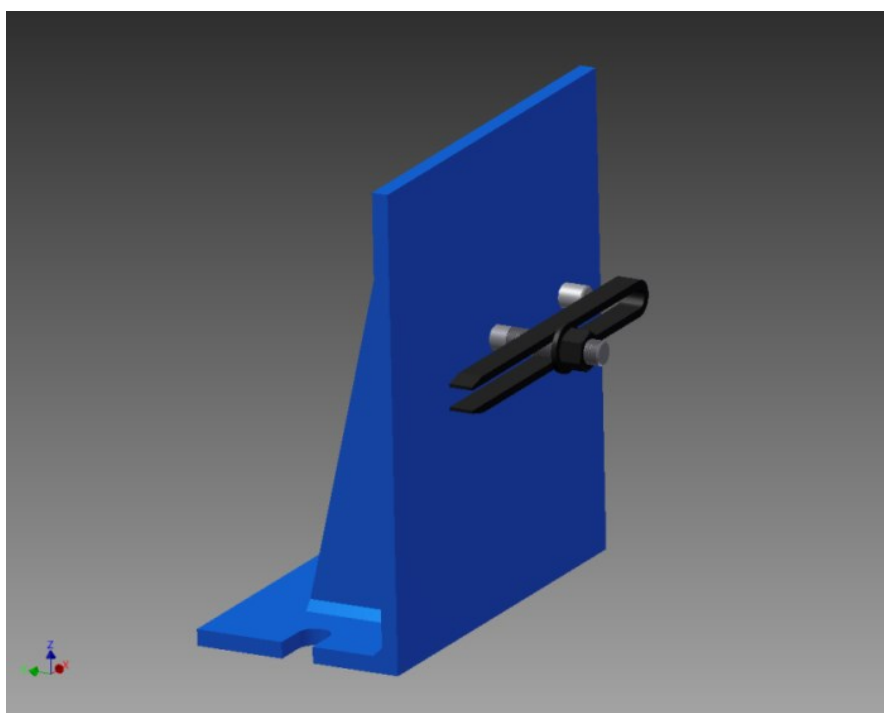
f_z [mm/zub]	v_c [m/min]	Otáčky [min^{-1}]
0,009	100	

4.3 Návrh vhodných upínacích prvků

V této kapitole se budu věnovat upínacím prvkům, které zrychlí výměnu obrobků a také usnadní nastavování strojů. Tímto by měly celkově zrychlit výrobu, a tím snížit cenu výrobku. Přípravky budou vyrobeny svépomocně. Jejich přibližná cena bude vypočtena v poslední kapitole.

4.3.1 Přípravek pro vrtání děr

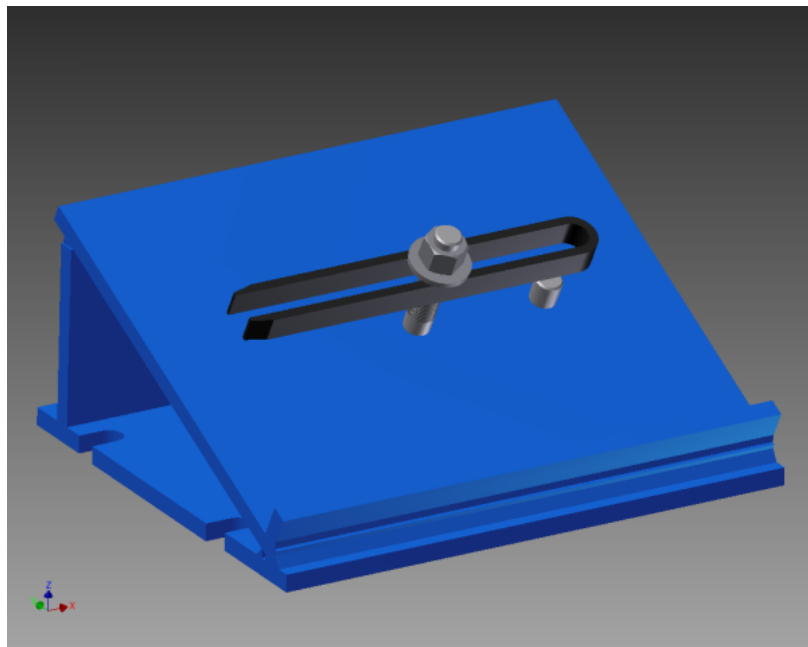
Tento přípravek má za cíl usnadnit upínání. Jde o svařenec, který se pomocí upínek, upne ke stolu stroje. Skládá se ze základní desky, ke které je přivařena upínací deska. V této upínací desce je přivařený kolík, který slouží jako doraz a šroub, pomocí kterého se obrobek upevní. Tento svařenec je vyztužen žebry, které mají za cíl zlepšit tuhost tohoto přípravku. Funguje tak, že je obrobek přitáhnut k upínací desce upínkou a dorazí se ke kolíku.



Obrázek 4.13 Přípravek pro vrtání

4.3.1 Přípravek obrábění úkosů

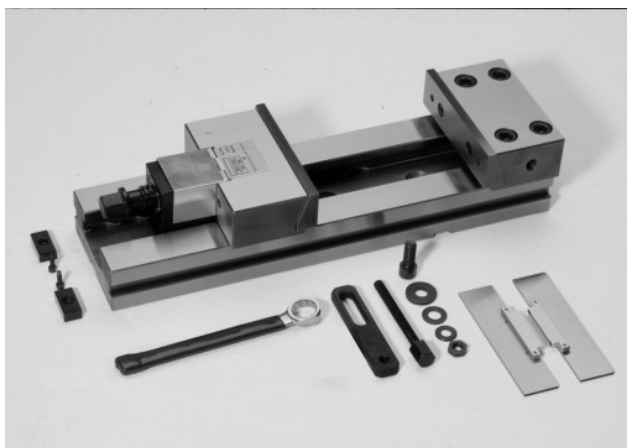
Tento přípravek má za cíl především zjednodušit nastavení stroje před obráběním. Odpadá seřizování úhlového svěráku. Jde o svařenec, který je vyroben tak, aby byl nastaven na úhel 26° .



Obrázek 4.14 Přípravek pro obrábění úkosů

4.3.3. Modulární svěrák

Nespornou výhodou tohoto svěráku je jeho univerzálnost. Je sestaven z několika oddělitelných prvků. Není tedy zakoupen jen pro výrobu domku ložiska, ale je tedy lehce použitelný i pro obrábění jiných obrobků. Použitý svěrák má označení MC 200x400. Maximální upnutelný rozměr je 400 mm. Tato hodnota více než dostačuje. [10]



Obrázek 4.15 Modulární svěrák [13]

5. Technicko-ekonomické zhodnocení

Při technicko-ekonomickém zhodnocení budu vycházet z předpokládané roční výroby 1000 kusů. Do výsledné ceny není nutné započítávat cenu materiálu, který si dodává zákazník. Do této ceny je ale naopak nutné započítat náklady na výrobu přípravků, a je také nutné zohlednit cenu železného odpadu. Hmotnost odpadu na jeden kus činí necelých 8 kg. Tato hodnota tedy rozhodně není zanedbatelná při předpokládaném objemu výroby. Dá se také předpokládat poměrně vysoká investice do nových nástrojů. Většina z nich má ovšem univerzální použití. Bohužel vrták průměru 8,5 mm je vyroben specificky pro použití na tomto výrobku a možné použití na jiném obrobku si dokážu jen těžko představit.

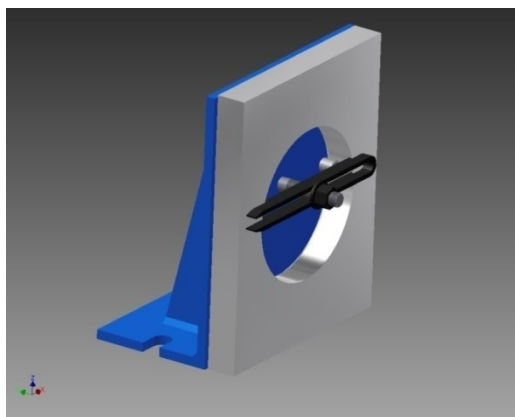
Výroba bude probíhat na čtyřech strojích. Rozhodl jsem se takto z důvodu návaznosti operací. Od tohoto řešení si slibuji rychlou výrobu a následnou expedici aktuální objednávky.

5.1 Přibližná cena použitých přípravků

Jak již bylo řečeno, použité přípravky budou vyrobeny svépomocně. Do výsledné ceny tedy zahrnu cenu materiálu a čas potřebný k výrobě. Na výrobu přípravků bude použit plech z materiálu 11 323. Tento materiál volím z důvodu zaručené svažitelnosti. Cena materiálu je vypočtena na základě hmotnosti jednotlivých komponent. Tyto hmotnosti byly zjištěny pomocí programu Autodesk Inventor. Je počítáno s tím, že cena tabule plechu 11 323 bude 15 Kč/kg. Hodinové náklady na pracovníka jsou 250 Kč.

5.1.1 Cena přípravku na vrtání děr

Tento přípravek se skládá z devíti komponent. Z toho některé, jako šroub, matici a podložku, koupím. Ostatní komponenty budou vyrobeny svépomocně.



Obrázek 5.1 Přípravek pro vrtání děr

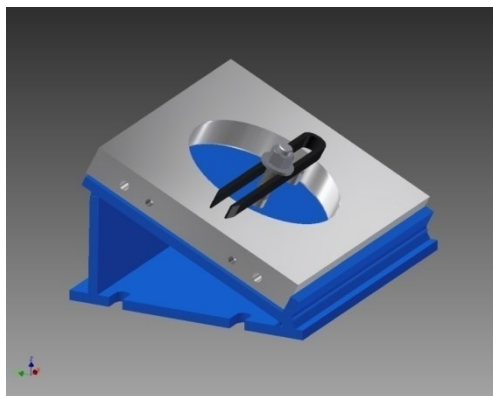
Tabulka 17 Cena přípravku

Komponenta	Cena materiálu [Kč]	Doba výroby [h]	Hodinové náklady [Kč]	Cena celkem [Kč]
Kolík	15,2	0,5	250	140,2
Žebro (2x)	33	0,3	250	108
Základní deska	37,5	0,5	250	162,5
Upínací deska	82,5	0,5	250	207,5
Přidržovač	4,5	0,3	250	79,5
Svařování	-	0,5	250	125
Obrábění	-	1	250	250
Celkem	172,7	3,6	-	1072,7

K nákladům je třeba ještě přičíst náklady na svařování. Počítá se s dobou svařování 0,5 hodiny a hodinové náklady na pracovníka činí 250 Kč/hod. Je také možné, že přípravek po svaření nebude mít požadované geometrické tolerance. K nákladům bude ještě přičtena hodina na případné finální opracování. Hodinové náklady jsou 250 Kč. Náklady spojené s výrobou tohoto přípravku jsou po zaokrouhlení 1100 Kč.

5.1.2 Cena přípravku na frézování úkosů

Některé komponenty budou stejné jako u předešlého přípravku. Mezi tyto komponenty patří šroub, matice, podložka, kolík a přidržovač.



Obrázek 5.2 Přípravek na frézování úkosů

Tabulka 18 Cena přípravku

Komponenta	Cena materiálu [kč]	Doba výroby [h]	Hodinová sazba [kč]	Cena celkem [kč]
Kolík	15,2	0,5	250	140,2
Žebro	36	0,3	250	111
Základní deska	88,5	0,5	250	213,5
Upínací deska	91	0,5	250	216
Přidržovač	4,5	0,3	250	79,5
Doraz	7,5	0,3	250	82,5
Svařování	-	1	250	250
Obrábění	-	1	250	250
Celkem	242,7	4,4	-	1342,7

U tohoto výrobku bude počítáno s delší dobou potřebnou ke svařování přípravku. Tuto dobu odhaduji na hodinu. Stejně jako u předešlého přípravku bude počítáno s dobou pro finální opracování. Celkové náklady spojené s výrobou tohoto přípravku jsou po zaokrouhlení 1400 Kč.

5.1.3 Shrnutí nákladů na přípravky

Náklady spojené s výrobou přípravků jsou v poměru k vyráběnému množství minimální. Jejich výrobní cena se tedy do konečné ceny výrobku promítne jen málo. Cena za oba přípravky je 2500 Kč. Při předpokládané produkci 1000 ks bude k ceně jednoho výrobku přičtena hodnota 2,5 Kč

$$N_p = \frac{1100+1400}{1000} = 2,5 \text{ Kč} \quad (5.1)$$

5.2 Výpočet přibližné ceny výrobku

Při stanovení ceny výrobku je nutné zohlednit fakt, že výroba probíhá na několika strojích a hodinová sazba bude u strojů rozdílná. Ze simulací provedených v programu MasterCam X6 byly zjištěny strojní časy. Následný postup bude takový. Nejprve bude stanovena cena jednotlivých operací a tyto hodnoty budou následně sečteny. K výsledku bude následně přičtena provize podniku, a také odhadnuté náklady na opotřebení nástrojů při výrobě jednoho kusu.

Tabulka 19 Hodinové sazby

Stroj	Hodinová sazba[Kč/hod]
ZPS mcfv 2080 nt	800
Strojtos VMC 50	800
WH 10	500
Frézka	400

Tabulka 20 Stanovení cen

Operace	t_x [min]	Hodinová sazba [kč]	N_x [kč]
Operace 1	1	250	4,2
Operace 2	3	800	40
Operace 3	4	500	34
Operace 4	12,7	800	170
Operace 5	4	800	54
Operace 6	7,5	400	50
Přípravky	-	-	2,5
T [min]	32,2	Cena celkem	354,7

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 1 + 3 + 4 + 12,7 + 4 + 7,5 = 32,2 \quad (5.2)$$

$$N_1 = t_1 \cdot \frac{250}{60} = 1 \cdot \frac{250}{60} = 4,2 \text{ Kč} \quad (5.3)$$

$$N_2 = t_2 \cdot \frac{800}{60} = 3 \cdot \frac{800}{60} = 40 \text{ Kč} \quad (5.4)$$

$$N_3 = t_3 \cdot \frac{500}{60} = 4 \cdot \frac{500}{60} = 34 \text{ Kč} \quad (5.5)$$

$$N_4 = t_4 \cdot \frac{800}{60} = 12,7 \cdot \frac{800}{60} = 170 \text{ Kč} \quad (5.6)$$

$$N_5 = t_5 \cdot \frac{800}{60} = 4 \cdot \frac{800}{60} = 54 \text{ Kč} \quad (5.7)$$

$$N_6 = t_6 \cdot \frac{400}{60} = 7,5 \cdot \frac{400}{60} = 50 \text{ Kč} \quad (5.8)$$

$$\begin{aligned} N_c &= N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_p = \\ &= 4,2 + 40 + 34 + 170 + 54 + 50 + 2,5 = 354,7 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (5.11)$$

Doba obrábění jednoho výrobku byla tedy stanovena na 32,2 minut. Náklady spojené s obráběním jednoho kusu jsou po zaokrouhlení 355 Kč. Do této hodnoty jsou zahrnuty i přibližné náklady spojené s výrobou přípravků. Nadále bylo pomocí programu Inventor zjištěno, že z jednoho kusu bude odebráno 7,8 kg železného odpadu. Předpokládám, že cena železného šrotu se po následující rok bude udržovat na hodnotě 4,5 Kč/kg. Z jednoho kusu bude zisk 35,1 Kč. Při roční produkci 1000 ks dělá zisk ze železného šrotu 35 100 Kč. Do ceny nebudu zahrnovat pořizovací cenu nástrojů. Jde většinou o univerzální nástroje, které mají širokou oblast použití. Celková cena výrobku bude ještě zvednuta o provizi podniku a o přídavek na opotřebení nástrojů.

$$C = N_c + m + p = 355 + 100 + 100 = 555 \text{ Kč} \quad (5.10)$$

V_n = výrobní náklady

p = provize podniku

m = přídavek na opotřebení řezných materiálů

Minimální zisk z jednoho tisíce vyrobených kusů je 35 100 Kč. K této hodnotě jsem došel tak, že jsem sečetl provizi, která pro 1000 ks činí 100 000 Kč, s cenou železného šrotu, která činí 35 100 Kč.

6. Závěr

Metody třískového obrábění jsou dnes značně využívány a jsou také stále vyvíjeny. Ve strojírenství jsou dnes v popředí stroje řízené číslicově, jedná se o NC a CNC stroje. Velmi důležité je tedy programování takovýchto strojů s využitím specializovaných softwarů. Jedná se o tzv. CAM systémy.

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vhodnou technologii výroby domků ložiska. Bylo nutné navrhnout obráběcí stroje a nástroje. Obráběcí stroje byly použity ze strojového parku firmy. Nástroje byly voleny tak, aby obrábění probíhalo co nejrychleji. Byly použity od firmy Seco Tools s.r.o.

Nejprve bylo nutné navrhnout vhodný technologický postup, podle kterého byly voleny pro každou operaci vhodné nástroje. Pro stanovení řezných podmínek byl použit počítačový program Secocut, který je volně ke stažení na stránkách tohoto výrobce nástrojů. Vrták pro vrtání díry závitu byl navržen v programu CUSTOM DESIGN tak, aby při vrtání do hloubky 15 mm srážel hranu. Díky tomuto řešení odpadne jedna operace, sražení hrany děr pro závit. Tento program je také dostupný na stránkách firmy Seco. Pro výrobu domku ložiska byly také použity dva upínací přípravky. Jejich výroba probíhala svépomocně, ale bylo nutno vyčíslit náklady, které byly vynaloženy na jejich výrobu.

Pro technicko-ekonomické zhodnocení bylo nutné zjistit strojní časy. Pro tyto účely byl použit program Mastercam X6. V tomto programu byly nasimulovány obráběcí operace a po dosazení zvolených řezných podmínek byl zjištěn strojní čas obrábění. K tomuto času bylo zapotřebí přičíst čas nutný na výměnu nástrojů, čas potřebný k manipulaci s obrobkem jako například upínání, otáčení, odjehlování apod.

Po sečtení těchto časů byl zjištěn čas operace, který byl vynásoben hodinovou sazbou stroje za účelem zjištění nákladů na jednu operaci. Pro získání nákladů vynaložených na výrobu jednoho kusu se sečetly dílčí náklady vynaložené na výrobu každé operace a byly také započítány náklady na výrobu přípravků.

Výsledný celkový čas potřebný k obrábění jednoho kusu byl vyčíslen na 32,2 minut. Tato hodnota předčila mé očekávání. Výsledné náklady na výrobu jednoho kusu činí 355 Kč. Vypočítaná prodejní cena je 555 Kč. Ovšem je také třeba počítat s vysokou pořizovací cenou nových nástrojů. Tato hodnota nebyla do koncové ceny započítána, protože většinou jde o univerzální nástroje s širokou oblastí využití.

Seznam použité literatury.

- [1] ŘASA, J.; Vladimír, G. *Strojírenská technologie 3: Merody, stroje a nástroje pro obrábění*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005, 256 s. ISBN 80-718-3337-1.
- [2] *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. české vyd. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, c1997, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 91-972-2994-6.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, J. *Technologie II 2.díl*. Ostrava: Ediční středisko VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [4] ČSN 41 1523. *Ocel 11 523*. Český normalizační institut, 1994.
- [5] LEINVEBER, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006, xiv, 914 s. ISBN 80-736-1033-7.
- [6] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/> ISBN 978-80-248-1505-3.
- [7] Seco Tools [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.secotools.com/cz>
- [8] Electronic catalog [online]. Seco Tools s.r.o., [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: http://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2_2011/MN/milling/Milling_2012_CZ_LR.pdf
- [9] Electronic catalog [online]. Seco Tools s.r.o., [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: http://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2_2011/MN/holemaking/LR_CZ_Holemaking.pdf
- [10] Electronic catalog [online]. Seco Tools s.r.o., [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: http://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2_2011/MN/threading/CZ_LR_Threading.pdf
- [11] Seco Tools CUSTOM DESIGN [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <https://secure.secotools.com/customdesign/default.asp?action=viewStartPage&ID=-1&cc=us>

[12] KŘÍŽ, R.; TRČKA, J. *Tabulky materiálů pro strojírenství I: část kovové materiály - železné kovy*. 1. vyd. Ostrava: Montanex, 1999, 349 s. ISBN 80-857-8092-5.

[13] Electronic catalog [online]. CIESSETRADE s.r.o., [cit. 2013-05-10]. Dostupné z:

<http://ciessetrade.cz/oml/doc/mc.pdf>

[14] Seco tools [online]. Seco Tools s.r.o., [cit. 2013-05-10]. Dostupné z:

http://www.secotools.comCorpWebProductsTurningGeneral_turningturning_tp1500.jpg

[15] Czech Exporters [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z:

http://www.czechexporters.cz/files/File.aspx/?file=DataProduktu_14040

[16] Engelhardt maschinen [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z:

<http://www.engelhardt-maschinen.com/maschinen/1899.htm>

[17] TOP-BAZAR [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z:

<http://www.top-bazar.cz/stroje/kovovyroba/vodorovna-vyvrtaacka-tos-wh-10-nc-148448/>

[18] bazoš.cz [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z:

<http://stroje.bazos.cz/inzerat/23987388/Frezka-stolova-FCH-63-SCA.php>

Seznam příloh

Příloha č. 1. Výrobní výkres domku ložiska